

光ファイバを用いたトンネル内空変位計測システムの開発

東京設計（株）	正会員	松本 正浩
東電電力（株）	正会員	田尻 功
前田建設工業（株）	正会員	舟橋 政司
前田建設工業（株）	正会員	笹倉 伸晃
前田建設工業（株）	正会員	福山 雅典

1. はじめに

トンネルの施工・維持管理にあたっては、内空変位計測が不可欠である。一般には、岩盤変位計による内空変位計測が行われているが、数年で欠測となることが多く、維持管理上の大きな課題となっている。そこで、耐久性に優れた光ファイバを用いて後施工可能なトンネル内空変位計測方法を考案するとともに、模型実験によって、従来の岩盤変位計と同等レベルの計測ができることを確認した。

2. 内空変位計測システム

今回考案した内空変位計測システムは、図-1に示すように、各トラス部材の長さ変化量を用いて、基点となる節点座標から逐次各節点座標を算出してトンネルの変形を計測するシステムである¹⁾。信頼性の高い計測を行うためには、トラス部材に応力が発生しないようにする必要があり、トラス部材中央にスライド機構を設けた(図-2,3,写真-1)。トラス部材の長さ変化量を測定するために光ファイバセンサ(BOTDR)を使用し、光ファイバセンサ長は全ての部材で1,104mmとした。

トラス部材にはアルミ製の山形鋼を用いて、光ファイバをトラス部材内側に設置した。なお、光ファイバには、圧縮ひずみを計測できるように、8,000 μ 程度のプレテンションを導入している。

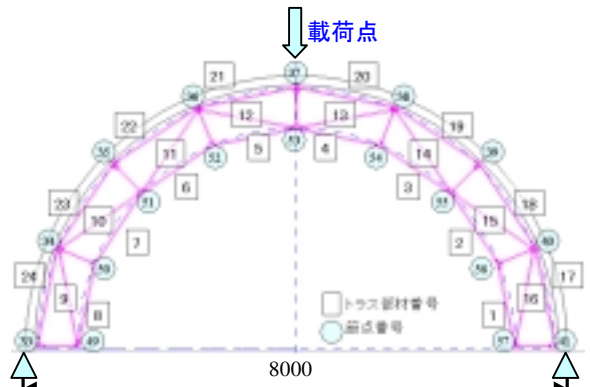


図-1 トンネル変位計測システム

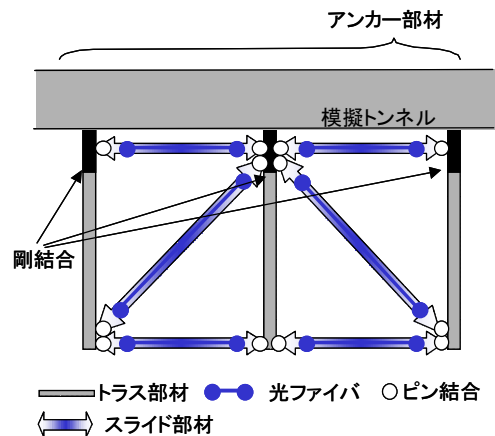


図-2 トラス部材結合モデル

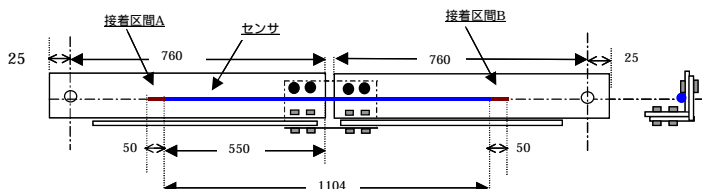


図-3 トラス部材スライド機構および光ファイバ設置方法



写真-1 スライド機構

キーワード 計測システム, 光ファイバ, 変位, トンネル

連絡先 〒110-0015 東京都台東区東上野3丁目3番3号 東電設計(株)第一土木部水力部 TEL 03-4464-5042

3. 実験概要

3.1 模擬トンネル

模擬トンネルは、H形鋼（100×100×6×8）2本を500mm離して鋼材で連結し、半円状で、内空直径8000mm、内空高さ4000mm、奥行き700mmとした。アーチ脚部はピン支承としており、アーチ天端鉛直変位が30mmとなるまで载荷した段階では、模擬トンネルのH形鋼は弾性範囲内である。

3.2 実験方法

模擬トンネルとトラス状の計測システムの鉛直剛部材を溶接で固定した。载荷試験は模擬トンネルの天端に油圧ジャッキで加力し、天端の鉛直変位を変位計で計測しながら、変位制御で行った。模擬トンネルに接する節点33～41および支点内側の節点49および57の水平、鉛直変位を変位計で測定した。また、スライド部材に貼付した光ファイバの測定精度を検証するために、各スライド部にパイ型変位計も設置した。

4. 実験結果および考察

図-4および表-1は、天端y方向変位が15mm時点での変位計による各節点座標の移動量と計測システムにより算出した座標変位を示したものである。図-4では、左側下端点（節点変位算出の基点）から天端までは、変位計による実測値と光ファイバあるいはパイ型変位計の測定結果から算出した変位量が良く一致している。しかしながら、天端より右側では変位計と算出値でずれが生じている。これは、座標計算による累積誤差の影響によるものと考えられる。

図-5は载荷点y方向における変位実測値と算出値を比較したものである。天端y方向変位が20mmの時点で急激に測定精度が低下していることが確認できる。これは、各トラス部材のスライド部が可動範囲を越えた影響と考えられる。

以上より、本計測システムはスライド部の可動限界範囲内であれば、精度良く構造物の挙動を計測できることがわかった。しかしながら、トラス部材長の変位量を用いて逐次各節点座標の変位を算出するシステムであるため、右側下端点まで計算すると累積誤差が大きくなる。したがって、この計算誤差を補正するために天端まで両下端から算出し、天端で閉合させてずれを補正する方法等の検討が必要である。

5. まとめ

- ・ 本計測システムによる節点座標算出結果は、スライド部可動範囲内では実測値と良く一致しており、十分に実用化が可能である。
- ・ 今後、逐次計算による累積誤差の補正方法の検討が必要である。

参考文献

1) 福山雅典ほか：表面設置型トンネル内空変位計測システムの開発，第58回年次学術講演会講演概要集，2003.9（投稿中）

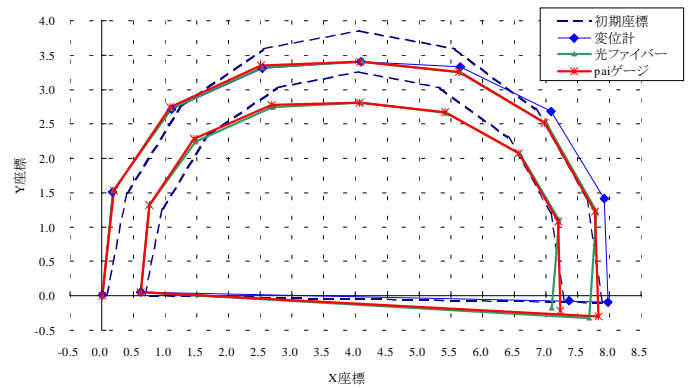


図-4 節点座標変位（天端y方向変位:15mm）

表-1 節点座標変位(天端y方向変位:15mm)

節点番号	変位量					
	パイゲージ (mm)		光ファイバ (mm)		変位計 (mm)	
	X	Y	X	Y	X	Y
33	-2.080	0.340	-2.080	0.340	-2.080	0.340
34	-6.826	0.923	-7.079	0.890	-7.580	0.380
35	-6.146	-0.589	-5.406	-1.439	-5.500	-1.640
36	-1.623	-7.746	-0.794	-8.900	-1.000	-9.120
37	0.411	-14.987	1.304	-14.857	0.720	-15.060
38	1.764	-11.361	2.686	-11.815	2.600	-8.920
39	4.852	-6.885	5.770	-7.130	8.040	-1.120
40	4.225	-6.225	5.054	-6.356	9.260	-0.060
41	-2.082	-6.771	-6.897	-7.643	2.760	0.180

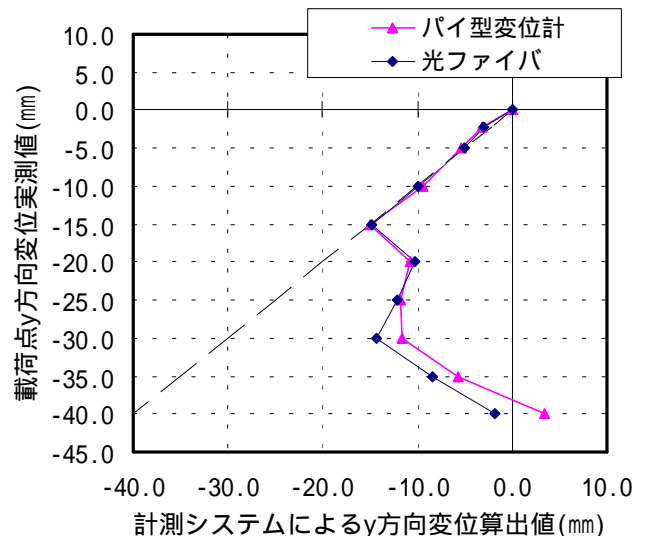


図-5 载荷点における変位実測値と算出値の比較